

*H01L 43/06* (2006.01)  
*H01L 43/02* (2006.01)  
*H01L 43/08* (2006.01)  
*G01R 33/07* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-685**  
(22) Přihlášeno: **07.12.2018**  
(40) Zveřejněno: **01.07.2020**  
**(Věstník č. 27/2020)**  
(47) Uděleno: **16.09.2020**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **29.10.2020**  
**(Věstník č. 44/2020)**

(56) Relevantní dokumenty:  
GB 853329 A.; GB 862426 A.; US 5153557 A.,

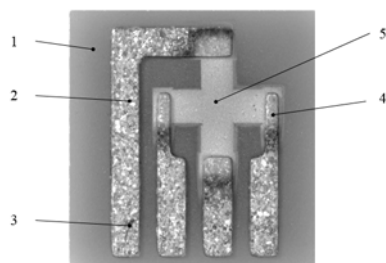
(73) Majitel patentu:  
Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., Praha 8,  
Libeň, CZ

(72) Původce:  
Ing. Ivan Ďuran, Ph.D., Drahelčice, CZ  
Ing. Slavomír Entler, Ph.D., Chrášťany, CZ

(74) Zástupce:  
Václav Müller, patentový zástupce, Filipova  
2016/6, 148 00 Praha 4, Chodov

(54) Název vynálezu:  
**Hallův senzor**

(57) Anotace:  
Hallův senzor je tvořen teplotně a radiačně odolným podkladovým substrátem (1), elektrickými spoji (2) z vodivého materiálu, kontaktními plochami (3) z vodivého materiálu, elektrickými kontaktními body (4) z vodivého materiálu a citlivou vrstvou (5), jehož podstata spočívá v tom, že citlivá vrstva (5) o síle 1 nanometru až 1 milimetru je tvořena z chemického prvku antimonu nebo jeho slitiny, přičemž obsah antimonu v citlivé vrstvě (5) je vyšší než 90 %.



## Hallův senzor

### Oblast techniky

5

Vynález se týká vysokoteplotního a radiačně odolného Hallova senzoru. Hallův senzor slouží k měření magnetického pole. V elektrotechnice slouží pro bezkontaktní měření elektrického proudu, při automatizaci procesů slouží Hallův senzor pro bezkontaktní měření polohy, pohybu nebo otáček.

10

### Dosavadní stav techniky

Doposud známé Hallovy senzory používají polovodičovou citlivou vrstvu. Polovodiče nabízejí vysokou citlivost na magnetické pole a provozní podmínky polovodičů vyhovují většině aplikací. Tyto doposud známé Hallovy senzory ale nelze použít, pokud aplikace vyžaduje nasazení senzorů při vysokých teplotách. Polovodiče jsou charakteristické silnou závislostí svých parametrů na teplotě. Použití stávajících polovodičových Hallových senzorů je proto obvykle omezeno na pracovní teploty do 85 až 150 °C. Maximální provozní teplota speciálních polovodičových Hallových senzorů byla dohledána na úrovni 300 °C.

Stávající polovodičové senzory nemohou být použity ani v prostředí se silným ionizujícím zářením. Ionizující záření narušuje strukturu polovodičové vrstvy senzorů a způsobuje degradaci funkce senzorů. Jsou známy radiačně odolné senzory na bázi tzv. heterogenních polovodičů, u kterých se degradace jednoho polovodiče kompenzuje degradací druhého polovodiče. Toto řešení však poskytuje pouze krátkodobou radiační odolnost.

Použití senzorů s citlivou vrstvou z antimonu nebylo doposud nikde popsáno. Hlavní nevýhoda konstrukčního uspořádání stávajících Hallových senzorů je spatřována v tom, že Hallovy senzory nejsou schopné činnosti nad 300 °C a současně nejsou dlouhodobě odolné vůči radiaci.

### Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky do značné míry odstraňuje Hallův senzor, který je tvořen teplotně a radiačně odolným podkladovým substrátem, elektrickými spoji z vodivého materiálu, kontaktními plochami z vodivého materiálu, elektrickými kontaktními body z vodivého materiálu a citlivou vrstvou, podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že citlivá vrstva o síle 1 nanometru až 1 milimetru je tvořena z chemického prvku antimonu nebo jeho slitiny, přičemž obsah antimonu v citlivé vrstvě je vyšší než 90 %.

Hlavní výhoda tohoto vynálezu je spatřována v tom, že spolehlivě řeší detekci a měření stacionárního magnetického pole Hallovým senzorem při vysokých teplotách až 500 °C.

Další výhoda podle tohoto vynálezu je spatřována v tom, že může být použito v prostředí se silným ionizujícím zářením s celkovou fluencí až  $10^{22}$  částic/m<sup>2</sup>.

Vysokoteplotní a radiačně odolné Hallovy senzory, podle tohoto vynálezu, umožňují instalaci magnetických senzorů do provozů průmyslu, energetiky a jaderného průmyslu, ve kterých je vyžadována vysokoteplotní a/nebo radiační odolnost. Čidla přispějí k rychlejší implementaci průmyslu 4.0 do technologických procesů primárně vyžadujících automatizaci s cílem snížení zdravotních rizik obsluhujícího personálu.

V dlouhodobém horizontu jsou vysokoteplotní a radiačně odolné Hallovy senzory podle tohoto vynálezu důležité pro rozvoj jaderné energetiky. Tyto Hallovy senzory budou součástí budoucích

fúzních energetických reaktorů. Magnetický systém udržující plazma bude v budoucích fúzních energetických reaktorech jednou z hlavních reaktorových technologií a měření magnetického pole bude poskytovat kriticky důležité informace pro řízení reaktoru. Hallové senzory umožní měřit stacionární magnetické pole a předávat informace do řídicího systému. Prostředí fúzních energetických reaktorů ale klade vysoké požadavky na teplotní a radiační odolnost senzorů.

Pro správnou funkci je výhodné, že citlivá vrstva tvořená slitinou je slitinou antimonu a bizmutu nebo slitinou antimonu a titanu.

### Objasnění výkresů

Vynález bude blíže osvětlen pomocí výkresu, na kterém znázorňuje obr. 1 příklad Hallova senzoru s citlivou vrstvou ve tvaru kříže vyrobenou z antimonu.

Na obr. 2 jsou zobrazeny příklady geometrie citlivé vrstvy a rozmístění elektrických kontaktních bodů. Obvyklý počet elektrických kontaktních bodů je čtyři – dva pro napájení a dva pro detekci výstupního napětí senzoru.

Obr. 3 ukazuje příklady provedení samostatných (neintegrovaných) Hallových senzorů.

Obr. 4 zobrazuje nákresy a) horizontálního a b) vertikálního provedení integrovaných Hallových senzorů.

Obr. 5 ukazuje příklady horizontálního provedení integrovaných Hallových senzorů.

Obr. 6 ukazuje příklad a nákres vertikálního provedení Hallových senzorů.

Na obr. 7 je zobrazen graf závislosti Hallova napětí senzoru s citlivou vrstvou tvořenou z antimonu na vnějším magnetickém poli působícím kolmo k rovině citlivé vrstvy při teplotě 27 °C.

Na obr. 8 je zobrazen graf závislosti citlivosti Hallova senzoru s citlivou vrstvou tvořenou z antimonu na teplotě senzoru při magnetickém poli o velikosti 270 mT.

### Příklady uskutečnění vynálezu

Hallův senzor je tvořen teplotně a radiačně odolným podkladovým substrátem 1, elektrickými spoji 2 z vodivého materiálu, kontaktními plochami 3 z vodivého materiálu, elektrickými kontaktními body 4 z vodivého materiálu a citlivou vrstvou 5. Pokud citlivou vrstvou 5 o síle 1 nanometru až 1 milimetru, vytvořenou z chemického prvku antimonu a/nebo jeho slitiny, přičemž obsah antimonu v citlivé vrstvě 5 je vyšší než 90 %, prochází elektrický proud, vnější magnetické pole vyvolá vznik elektrického potenciálu kolmo ke směru toku elektrického proudu, který je možné měřit na elektrických kontaktních bodech 4 umístěných na kolmici k toku elektrického proudu.

Hallové senzory mohou být provedeny jako samostatný senzor, anebo mohou být integrovány na společný substrát spolu s elektronikou zpracovávající signál senzoru (integrované senzory).

Podkladový substrát 1 slouží jaké základna senzoru. Může být vyroben z různých materiálů a o různých rozměrech. Materiál musí být izolant, aby nedošlo ke zkratu mezi elektrickými spoji 2, a musí být teplotně a radiačně odolný. Obvykle se používá křemík nebo keramické materiály. Elektrické kontaktní plochy 3 slouží pro připojení senzoru na kabelové příводы. Jejich tvar a rozměry jsou libovolné. Mohou být vyrobeny z libovolného vodivého materiálu, obvykle se

vyrábějí z mědi, zlata nebo stříbra. Elektrické spoje 2 slouží pro propojení elektrických kontaktních ploch 3 a elektrických kontaktních bodů 4. Jejich tvar a rozměry jsou libovolné. Mohou být vyrobeny z libovolného vodivého materiálu, obvykle se vyrábějí z mědi, zlata nebo stříbra. Elektrické kontaktní body 4 slouží pro připojení elektrických spojů 2 na citlivou vrstvu 5. Jejich provedení může být různé, musí ale dostatečně elektricky propojit elektrické spoje 2 a citlivou vrstvu 5. Obvykle se jedná o dobře vodivý kov (měď, zlato, stříbro apod.), který vodivě překrývá citlivou vrstvu 5 nebo je citlivou vrstvou 5 vodivě překryt, případně je do citlivé vrstvy 5 zapuštěn. Citlivá vrstva 5 o síle obvykle 10 nanometrů až 100 mikrometrů je tvořena z chemického prvku antimonu nebo jeho slitiny, přičemž obsah antimonu v citlivé vrstvě 5 je vyšší než 90 %, a slouží pro vlastní detekci a měření magnetického pole. Tvar citlivé vrstvy 5 může být rozmanitý, příklady jsou zobrazeny na obr. 2. Obvykle se volí pravoúhlé tvary jako je obdélník, čtverec, kosočtverec nebo kříž. Citlivá vrstva 5 je elektricky připojena prostřednictvím elektrických kontaktních bodů 4 na elektrické spoje 2. Elektrické kontaktní body 4 jsou obvykle čtyři.

Obr. 1, znázorňuje příklad Hallova senzoru s citlivou vrstvou 5 ve tvaru kříže vyrobenou z antimonu. Rozměry tohoto příkladu jsou 6,4 mm x 6,4 mm. Podkladový substrát 1 je proveden z keramického nitridu hliníku. Elektrické kontaktní body 4 jsou vyrobeny z mědi překryté citlivou vrstvou 5 z antimonu. Citlivá vrstva 5 má plošné rozměry 3,2 mm x 3,2 mm a tloušťku 1 μm.

Hallovo napětí na výstupu senzoru s citlivou vrstvou 5 tvořenou z antimonu závisí lineárně na velikosti magnetického pole kolmého k rovině citlivé vrstvy 5 (obr. 7). Tato lineární závislost umožní snadnou kalibraci senzorů.

Hallovo napětí na výstupu senzoru s citlivou vrstvou 5 tvořenou z antimonu závisí nelineárně na teplotě citlivé vrstvy 5. Graf citlivosti senzoru na teplotě citlivé vrstvy 5 je uveden na obr. 8. Graf zobrazuje křivku 6, která odpovídá závislosti senzoru s citlivou vrstvou 5 tvořenou z antimonu o tloušťce 1 mikrometr, a křivku 7, která odpovídá závislosti senzoru s citlivou vrstvou 5 tvořenou z antimonu o tloušťce 4 mikrometry.

#### Průmyslová využitelnost

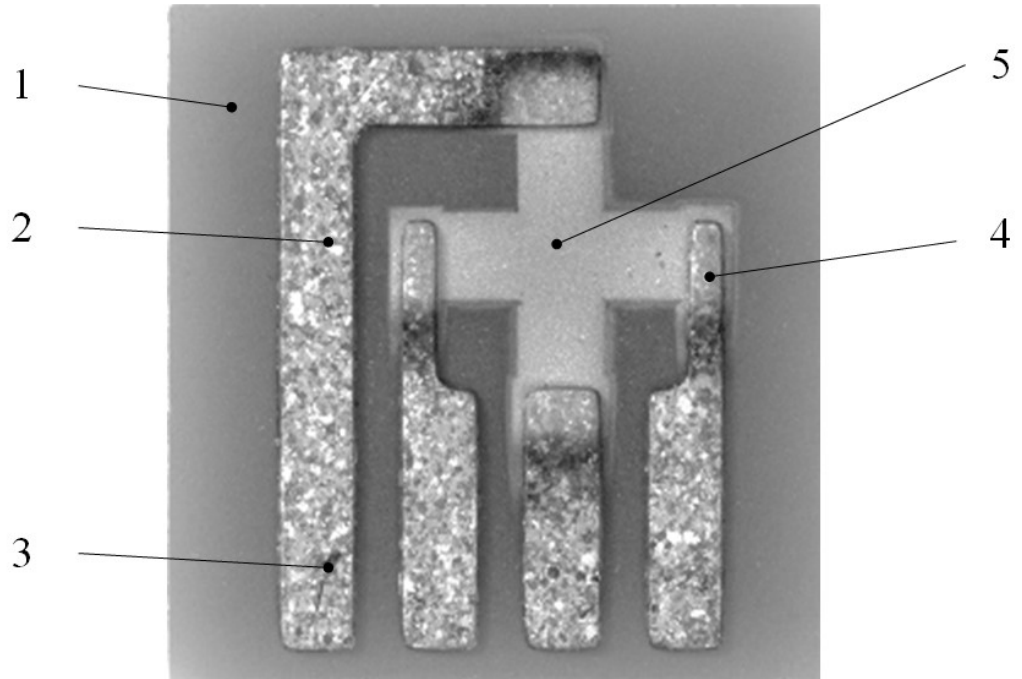
Vysokoteplotní a radiačně odolné Hallovy senzory, podle tohoto vynálezu, umožní instalaci magnetických senzorů do provozů průmyslu, energetiky a jaderného průmyslu, ve kterých je vyžadována vysokoteplotní nebo radiační odolnost.

## PATENTOVÉ NÁROKY

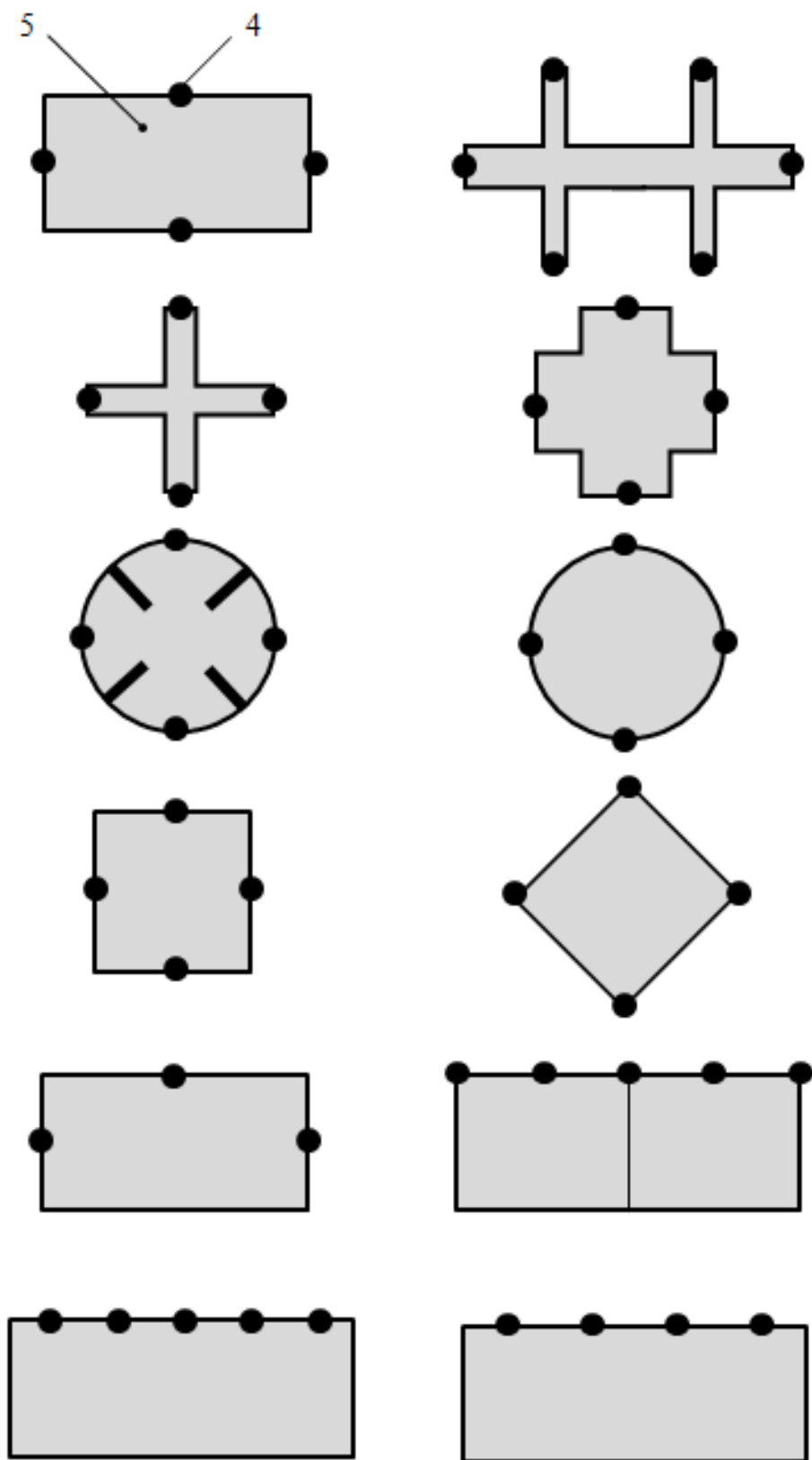
- 5 1. Hallův senzor je tvořen teplotně a radiačně odolným podkladovým substrátem (1), elektrickými spoji (2) z vodivého materiálu, kontaktními plochami (3) z vodivého materiálu, elektrickými kontaktními body (4) z vodivého materiálu a citlivou vrstvou (5), **vyznačující se tím**, že citlivá vrstva (5) o síle 1 nanometru až 1 milimetru je tvořena z chemického prvku antimonu nebo jeho slitiny, přičemž obsah antimonu v citlivé vrstvě (5) je vyšší než 90 %.
- 10 2. Hallův senzor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že citlivá vrstva (5) tvořená slitinou je slitinou antimonu a bizmutu.
3. Hallův senzor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že citlivá vrstva (5) tvořená slitinou je slitinou antimonu a titanu.

15

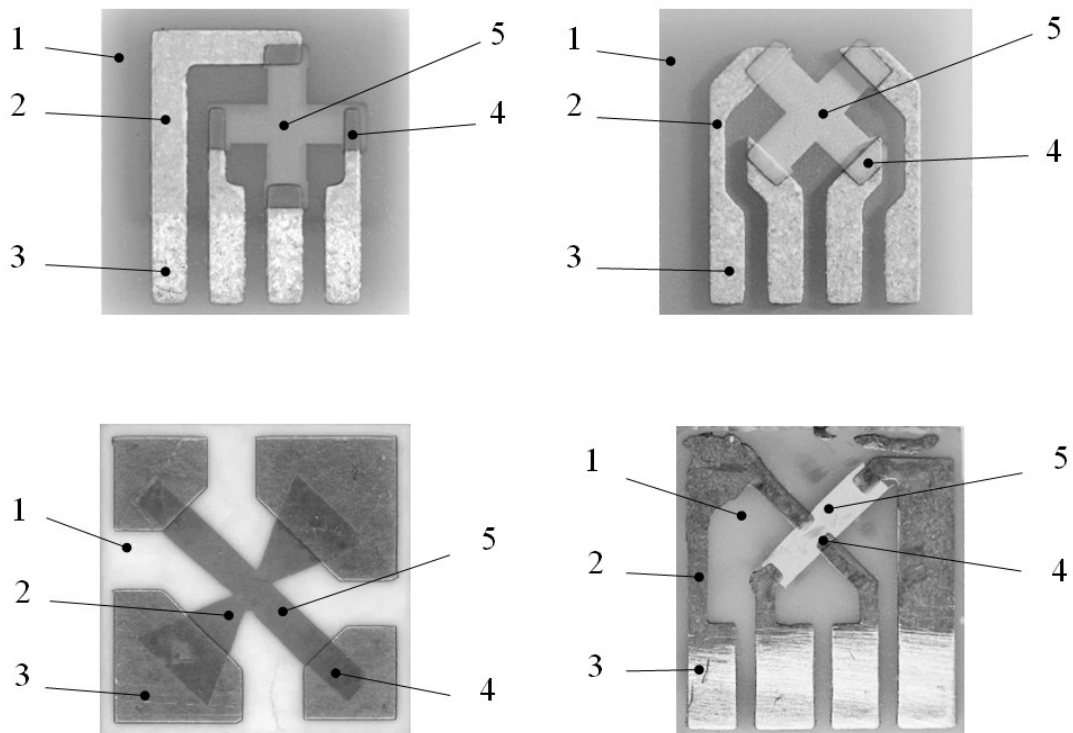
8 výkresů



Obr. 1

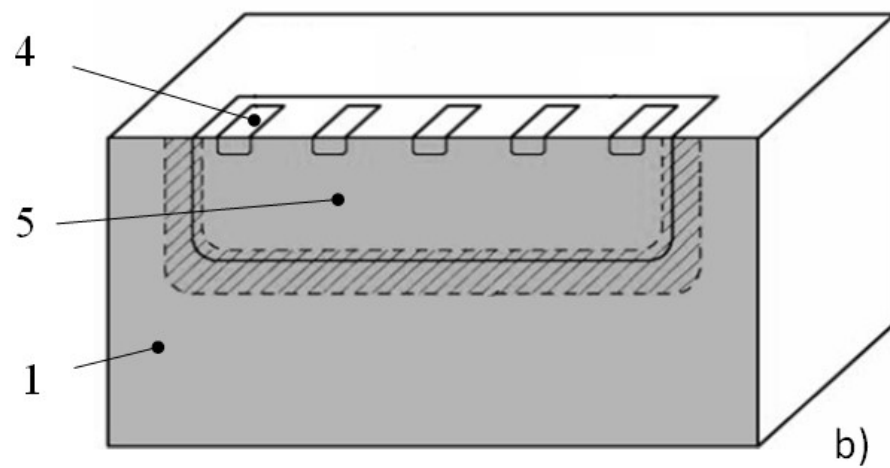
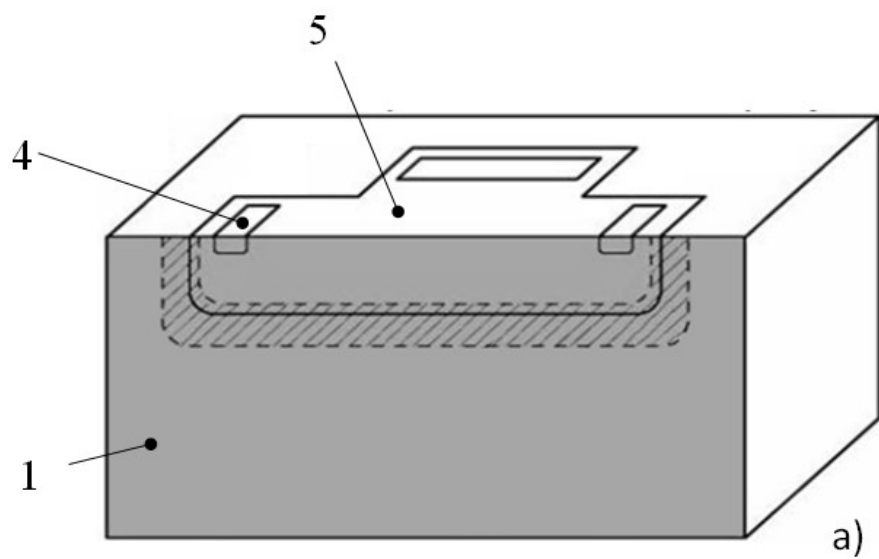


Obr. 2

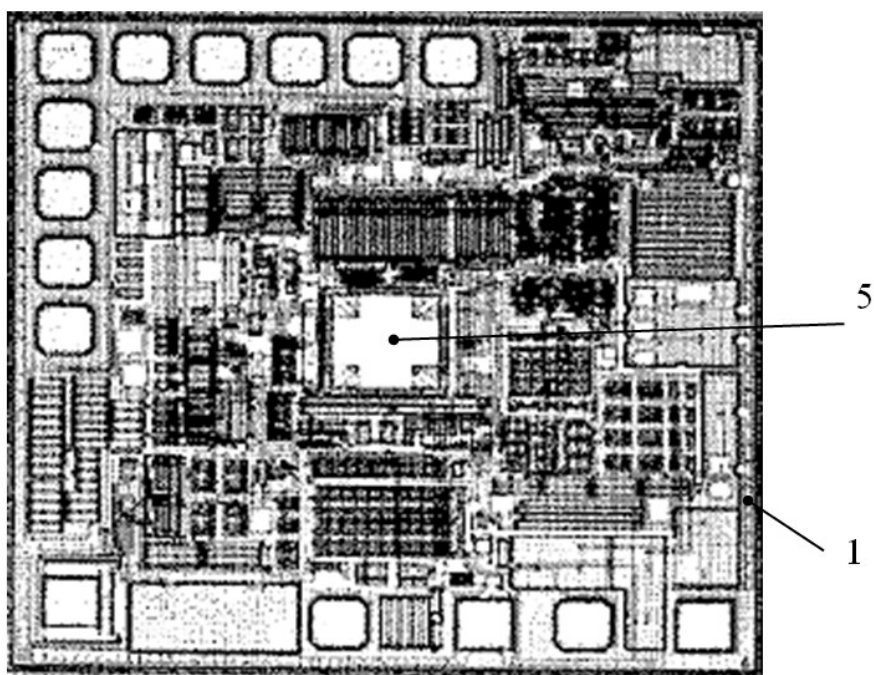
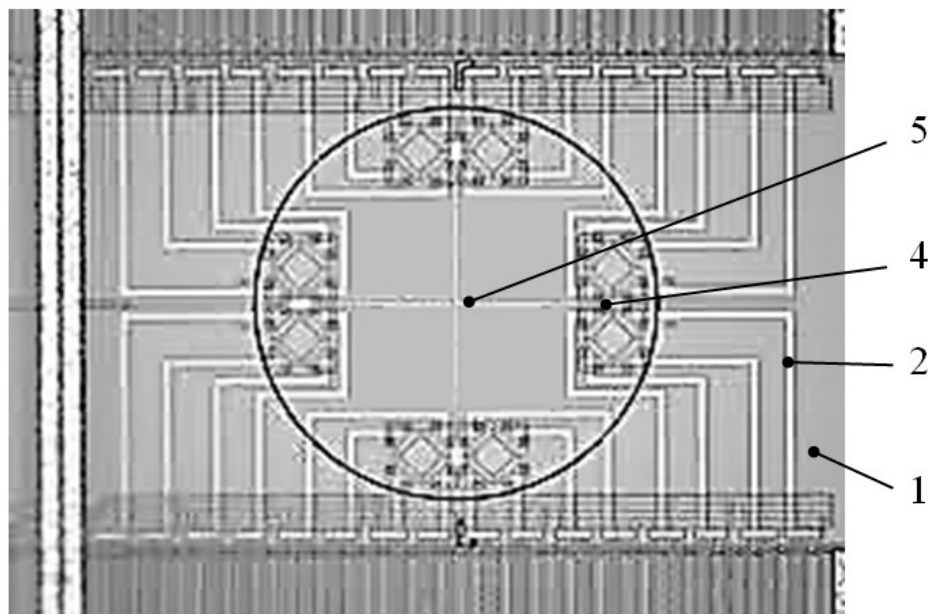


Obr. 3

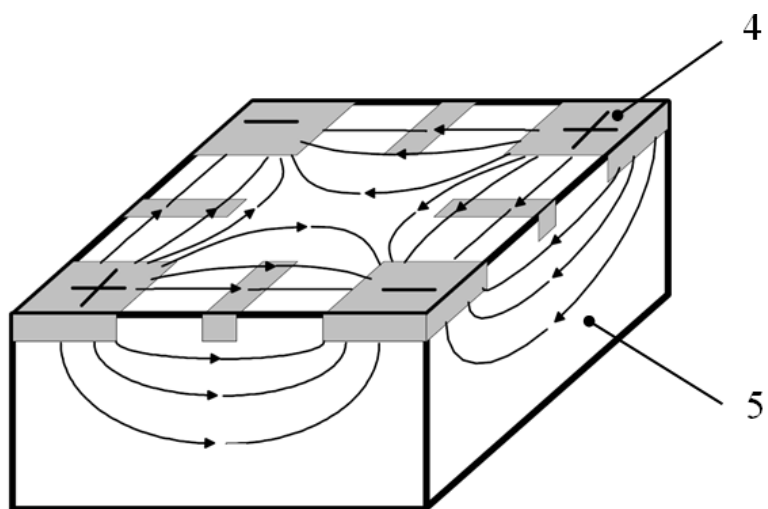
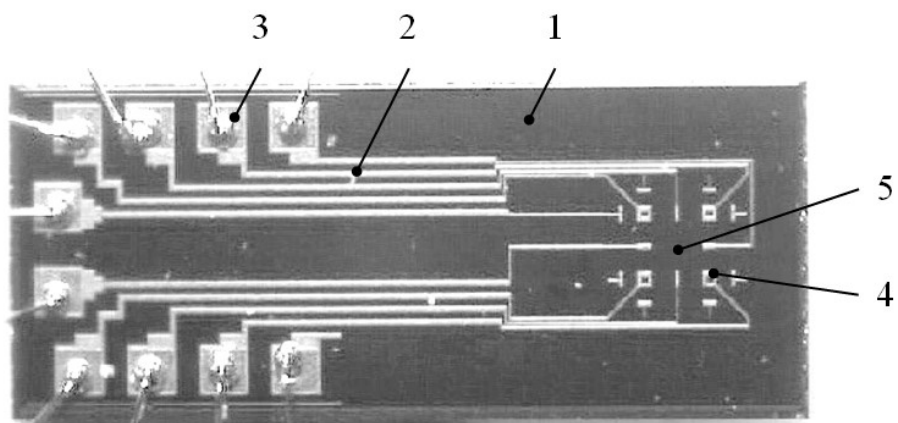




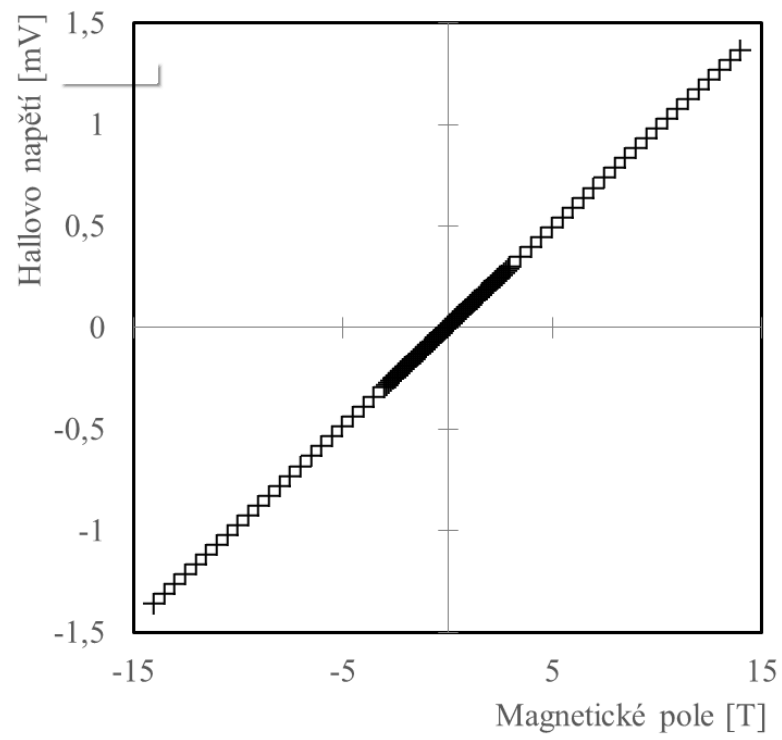
Obr. 4



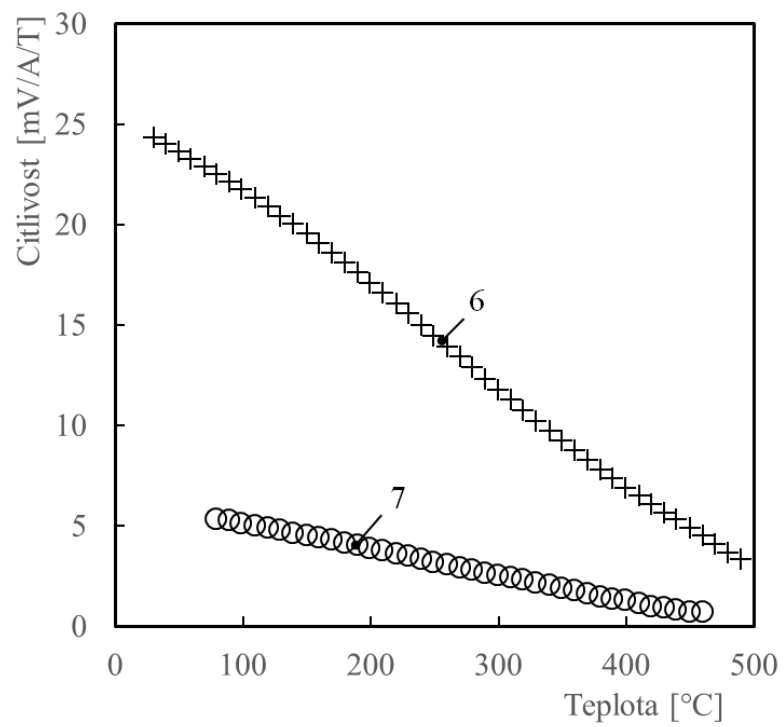
Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8